

Р.М. Васильева, канд. биол. наук
ФГНУ «Институт возрастной физиологии» РАО, г. Москва

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ПУБЕРТАТНОГО ПЕРИОДА

При нормировании нагрузок (Н) в физическом воспитании школьников, а также при интерпретации и оценке данных функционально-диагностических исследований у детей, необходимо иметь как можно более полное представление о функциональных возможностях их сердечно-сосудистой системы на различных этапах их физиологического развития.

Исследования, проведенные на практически здоровых мальчиках и девочках 9-14 лет учащихся школ г. Москвы, занимавшихся плаванием. Испытуемые выполняли работу на велоэргометре. Н задавалась в процентах от максимальной (100%, 80%, 70%, 50%), которая подбиралась индивидуально для каждого ребенка, выполнявшего ее до отказа. За отказ принимали состояние, когда испытуемый не мог удерживать заданную частоту педалирования и снижал темп движений или отказывался от работы.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРНИЦЫНА

Регистрировали УО и ЧСС методом тетраполярной реоплетизмографии по Kubicek W.G. Рассчитывали МОК.

В результате проведенного исследования было установлено, что физическая работоспособность (Р) девочек и мальчиков в пубертатный период изменяется неравномерно и разнонаправлено в зависимости от того, в какой зоне мощности выполняется работа (табл. 1). При работе анаэробного характера (максимальной мощности) заметных изменений Р с возрастом не обнаружено. При работе смешанного энергообеспечения (субмаксимальной и большой мощности) в 9-10 лет Р у мальчиков и девочек по всем показателям различалась мало. Половые отличия начинают проявляться по мере полового созревания к 11-12 годам. В 13-14 лет они выражены более отчетливо как по времени работы, так и по величине Н. К 13-14 годам наблюдается снижение прироста Р, которое у девочек выражено сильнее, чем у мальчиков. Продолжительность работы школьников 13-14 лет на завершающем этапе пубертата уменьшалась почти наполовину по сравнению с девочками 11-12 лет. При работе в зоне аэробного энергообеспечения (умеренной мощности) Р значительно возрастает у детей от 9-10 к 11-12 годам, и далее достоверно увеличивается у мальчиков по сравнению с девочками. Анализ времени удержания Н до отказа показал, что границы зон относительной мощности по классификации В.С. Фарфеля изменяются с возрастом. Н, одинаковые в процентном выражении от максимальной, у детей разного пола и возраста могут находиться в зонах мощности, различающихся по своему энергообеспечению.

Таблица 1 – Показатели работоспособности у детей 9-14 лет при работе разной интенсивности

Возраст	Нагрузка %	Мальчики				Девочки			
		Нагрузка Вт/кг	$\pm m$	Время сек	$\pm m$	Нагрузка Вт/кг	$\pm m$	Время сек	$\pm m$
9-10 лет	100%	2,65	0,11	11,4	0,6	2,65	0,06	9,6	0,6
	80%	2,12	0,09	54,6	6	2,12	0,06	46,8	6,0
	70%	1,78	0,08	450	36	1,78	0,04	366	36,0
	50%	1,31	0,069	1158	42	1,32	0,04	1116	48,0
11-12 лет	100%	2,75	0,09	9,6	0,6	2,94	0,099	10,2	0,6
	80%	2,25	0,11	48,6	6,0	2,29	0,069	61,2	6,0
	70%	1,86	0,08	624	66,0	1,94	0,119	354	30,0
	50%	1,34	0,09	2286	168,0	1,50	0,04	1788	90,0
13-14 лет	100%	2,79	0,04	8,4	0,6	2,84	0,09	9,6	0,6
	80%	2,12	0,14	73,8	8,4	2,25	0,09	57,6	1,8
	70%	1,80	0,11	510	48,0	1,83	0,06	246	24,0
	50%	1,34	0,09	3450	114,0	1,41	0,04	1758	72,0

Функциональные перестройки центральной гемодинамики, которые происходят у детей с возрастом и по мере полового созревания, наиболее отчетливо проявились при Н большой и умеренной мощности (Табл. 2). Так, при Н 70% выявлены существенные возрастные различия в Р и функционировании ССС у детей разного возраста. У девочек 9-12 лет и мальчиков 9-14 лет такая Н протекает с хорошо выраженным периодом псевдоустойчивого состояния, продолжающимся 7-9 мин, когда работа осуществляется в аэробно-анаэробном режиме. Судя по времени работы и характеру гемодинамики, данная Н у этих детей находится в зоне большой мощности. У девочек 13-14 лет при Н 70% ЧСС вслед за резким увеличением в процессе вратывания продолжала расти до конца работы. УО на первых минутах работы у них значительно увеличивался. По мере увеличения ЧСС темпы роста УО падали, и к концу выполнения Н наблюдалось его снижение по сравнению с величиной,

зарегистрированной на первых минутах работы. По-видимому, учащение пульса выше 180 уд/мин приводит к критическому укорочению кардиоинтервалов, вызывает ухудшение условий диастолического наполнения желудочков и препятствует дальнейшему увеличению УО. Уже на 5 минуте у девочек 13-14 лет следовал отказ от работы. Таким образом, при Н 70% у них отсутствует даже непродолжительный период устойчивого состояния гемодинамики. Судя по характеру гемодинамических процессов и времени работы, исследуемая Н у этих девочек лежит в субмаксимальной зоне мощности. При этом показано, что снижение Р и увеличение напряженности реакции ССС на Н имеет зависимость от стадии полового созревания. Уменьшение выносливости и Р школьниц на завершающих этапах полового созревания связаны с бурной гормональной перестройкой организма в конце пубертата. Быстрый отказ от работы девочек 13-14 лет обусловлен, нарушением активности и своевременности включения в работу аэробных источников энергообеспечения. Изучение реактивности центрального звена системы кровообращения на Н умеренной мощности показало, что функциональные возможности ССС в процессе пубертата повышаются. Это выражается в приросте и увеличении рабочих величин УО и МОК от возраста к возрасту, что косвенно характеризует увеличение насосной и сократительной функции сердца у детей в процессе их развития. При этом выявлено, что повышение сердечной производительности от возраста к возрасту происходит у мальчиков и девочек неравномерно и разными темпами, и динамика изменения функциональных возможностей ССС у них в этот период принципиально различается. У мальчиков рабочие величины УО и МОК, а также Р увеличивались от возраста к возрасту более равномерно по сравнению с девочками. От 9-10 к 11-12 годам у мальчиков существенно растет сердечная производительность. В этот же период растет и Р. К 13-14 годам темпы прироста УО и МОК у них снижаются, снижется и прирост Р. Таким образом, периоды роста показателей гемодинамики и периоды повышения Р у мальчиков по времени и темпам в значительной мере совпадают между собой.

Таблица2 – Показатели гемодинамики у детей 9-14 лет при нагрузке 70% и 50%

t (мин.)	ЧСС (уд./м)						УО (мл)						
	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	М	±m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Нагрузка 70%, мальчики													
	9-10 лет, n=11		11-12 лет, n=15		13-14 лет, n=16		9-10 лет, n=11		11-12 лет, n=15		13-14 лет, n=16		
Покой	85,1	3,33	83,0	1,96	84,1	2,82	41,3	3,33	50,9	2,83*	63,7	3,12*	
Работа	1	162,0	5,41	151,9	3,13	166,9	1,77*	58,6	2,34	66,1	3,95	96,7	4,45*
	3	165,6	5,59	161,7	3,29	177,8	2,01*	55,6	1,62	73,5	4,46*	99,9	3,92*
	5	166,5	5,68	162,0	3,42	183,9	1,81*	56,2	1,83	73,0	4,59*	98,14	4,73*
	7	168,0	6,09	160,3	3,67	183,4	1,47*	55,6	2,29	70,2	3,90*	95,1	4,37*
	10			157,3	3,43					70,7	3,30*		
Восст	0,5	168,9	7,01	162,0	4,30	184,4	2,05*	54,7	2,89	71,6	3,77*	97,1	3,47*
	5	97,4	3,15	98,3	3,36	110,6	2,30*	45,4	3,33	54,8	2,80*	63,5	3,36
	10	98,9	2,93	95,2	3,37	105,4	2,62*	43,7	2,29	53,9	2,73*	61,2	2,62

Нагрузка 50%, мальчики													
Покой	83,1	3,37	83,1	1,73	79,6	3,16	42,6	2,05	53,8	2,36*	61,8	2,73*	
Работа	5	123,6	6,47	124,5	2,22	132,4	3,20*	52,2	3,29	74,2	4,47*	87,6	3,27*
	10	126,5	5,47	129,5	2,28	133,8	2,77	51,1	3,27	76,7	4,89*	92,5	3,80*
	30	126,6	6,38	127,9	2,48	126,8	2,20	52,3	3,16	76,9	4,87*	90,1	4,47*
	40			125,3	2,40	125,4	2,52			75,5	4,15	91,4	3,77*
	50			126,9	2,60	126,2	2,72			72,8	2,75	91,8	3,32*
	60					126,3	1,33					97,0	3,61*
Восст	0,5	128,0	5,57	127,6	2,58	126,2	2,61	53,8	4,20	76,8	4,69*	94,0	4,06*
	5	90,9	4,29	86,5	2,90	83,2	2,68	43,5	3,06	60,1	3,42*	72,9	3,24*
	10	83,7	2,56	86,4	2,38	82,8	3,22	41,8	3,08	60,4	4,32*	72,1	2,60*
Нагрузка 70%, девочки													
		9-10 лет, n=11		11-12 лет, n=22		13-14 лет, n=12		9-10 лет, n=11		11-12 лет, n=22		13-14 лет, n=12	
Покой	89,9	1,97	88,1	1,92	82,7	2,67	43,8	3,22	49,2	2,09	71,0	0,87*	
Работа	1	162,5	3,43	163,9	2,53	169,0	2,01	60,7	4,30	63,9	2,63	92,6	4,32*
	3	167,1	3,68	169,0	2,63	179,1	1,62	61,8	3,48	69,2	2,99	98,1	4,19*
	5	171,0	4,45	170,3	1,99	183,2	1,46*	62,6	3,21	69,5	2,94	93,9	4,15*
	7	170,3	4,10	171,2	2,03		1,62	60,9	3,34	68,2	3,11		
	9			172,1	2,60					66,7	3,79		
	Восст	0,5	170,0	3,87	174,0	2,50	183,8	1,22*	56,9	3,42	65,4*	3,00*	90,6
5		102,2	2,70	102,3	1,77	93,8	3,01	41,1	3,04	49,4	2,60	68,4	3,43*
10		104,6	3,73	100,7	2,00	96,5	3,78	42,1	3,66	49,8	2,37	72,0	2,32*
Нагрузка 50%, девочки													
Покой	90,0	3,06	87,1	2,12	85,4	3,12	43,4	3,05	48,5	2,14	69,3	1,48*	
Работа	5	134,8	4,00	138,2	2,29	138,1	4,01	62,4	3,18	69,7	2,74	106,2	2,16*
	10	138,6	2,29	138,9	2,14	135,7	3,43	60,6	3,44	69,5	2,76*	104,6	2,72*
	30	134,8	3,36	136,21	2,44	131,6	3,67	61,3	3,67	69,4	2,70	105,8	2,83*
	40			135,79	2,27	130,1	4,10			71,4	2,74	103,6	3,04*
	50					130,1	3,85					104,1	2,67
	Восст	0,5	136,1	2,77	135,2	1,89	133,0	3,93	61,9	3,87	72,0	3,22*	104,6
5		101,4	3,31	97,9	2,32	87,7	4,46	45,6	4,28	57,8	2,35	77,6	3,96*
10		103,8	2,15	95,5	2,25	88,1	3,88	50,2	3,25	55,5	2,48	80,7	3,46*

* – достоверные отличия соответствующих показателей у мальчиков и девочек (p< 0,05).

У девочек повышение сердечной производительности от возраста к возрасту происходит неравномерно, а периоды роста показателей ССС не совпадают с периодами повышения Р. Незначительный прирост рабочих величин УО и МОК наблюдается у девочек от 9-10 к 11-12 годам. При этом значительно увеличивается продолжительность работы умеренной интенсивности. Наибольшее увеличение УО и МОК в работе отмечается у девочек 13-14 лет. При этом у них наблюдается достоверное снижение Р при Н большой мощности и уменьшение темпов прироста Р при Н умеренной мощности. Таким образом, оказалось, что значительный прирост УО и МОК при работе у школьниц к 13-14 годам не приводит к значительному повышению их Р, хотя высокая производительность системы кровообращения свидетельствует о том, что центральный отдел ССС обладает в этом возрасте достаточным функциональным резервом для поддержания длительной работы при Н аэробного характера. Сопоставляя собственные и литературные данные можно прийти к заключению, что Р детей зависит не только от функциональных возможностей центрального кровообращения, но и в значительной мере определяется развитием энергетики скелетных мышц в этот период, что подчеркивает ведущую роль

метаболизма мышц в регуляции деятельности функциональных систем организма в процессе адаптации к физической Н. Различия в динамике показателей центрального кровообращения и Р у мальчиков и девочек в пубертатный период определяются разными темпами полового созревания и особенностями формирования у них механизмов энергообеспечения мышечной деятельности.

Полученные результаты позволяют более полно учитывать индивидуальные особенности и функциональные возможности школьников разного возраста при организации тренировочных занятий в практике физической культуры и спортивных секциях, а также при проведении физиологических исследований, где применяются Н, рассчитанные в процентах от какого-либо эргометрического или функционального показателя.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ